

不同龄组杉木林土壤碳、氮、磷的生态化学计量特征^①

曹小玉¹, 李际平¹, 杨 静¹, 闫文德^{1,2}

(1 中南林业科技大学林学院, 长沙 410004; 2 南方林业生态应用技术国家工程实验室, 长沙 410004)

摘 要: 为了阐明不同发育阶段杉木人工林土壤的生态化学计量特征, 在湖南省金洞林场选择立地因子基本一致的杉木幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林分别设置 3 块 20 m × 30 m 样地, 在每个样地利用 S 形 5 点取样法分层(0 ~ 15、15 ~ 30、30 ~ 45、45 ~ 60 cm)采取土壤样品, 用于测定土壤有机碳、全氮、全磷, 并计算化学计量比。结果显示: 5 个龄组杉木林 0 ~ 60 cm 土壤有机碳、全氮、全磷的含量分别为 11.02 ~ 14.74、1.65 ~ 1.84、0.26 ~ 0.35 g/kg。土壤有机碳和全氮的含量随着杉木年龄的增长表现出了先减少后增加再减少的趋势, 而土壤全磷的含量则表现为先减少后增加的趋势。土壤有机碳和全氮的含量都表现为随土层加深而下降的规律, 土壤有机碳下降幅度中龄林 > 近熟林 > 过熟林 > 成熟林 > 幼龄林, 土壤全氮下降幅度近熟林 > 过熟林 > 中龄林 > 幼龄林 > 成熟林。而土壤全磷含量随着土层下降没有明显的变化规律。5 个龄组杉木林 0 ~ 60 cm 土壤 C:N、C:P 和 N:P 变化范围分别为 6.94 ~ 8.53、49.03 ~ 53.07 和 5.79 ~ 7.74, 土壤 C:N 随着杉木年龄的增加表现出了先减少后增加的趋势, 土壤 C:P 和 N:P 则表现出了先增加后降低的趋势。土壤 C:P 和 N:P 随土层下降而减少, 而土壤 C:N 随着土层下降呈现出相对稳定的规律。

关键词: 杉木林; 龄组; 土壤养分; 化学计量特征

中图分类号: S714.2 **文献标识码:** A

生态化学计量学是研究生态系统各组分主要组成元素平衡关系和耦合关系的科学, 它最早应用于水生生态系统的植物个体生长、种群动态、群落演替等研究领域, 之后在森林、草原、湿地等陆地生态系统得到广泛应用^[1-2]。土壤碳、氮、磷等化学元素是土壤养分主要组成部分和植物生长的必备元素, 在循环过程中是相互作用和平衡制约关系, 仅考虑其本身的变异特征对了解土壤质量变异是不全面的, 还需了解它们之间的比例关系^[3-5]。因此, 用生态化学计量学的理论和方法研究土壤碳、氮、磷等元素的化学计量特征是十分必要的, 它为认识土壤碳、氮、磷等元素的循环和平衡机制提供了一种新思路^[6]。

杉木是我国南方栽植面积最广的造林树种, 其面积约占我国人工林总面积的 1/4 左右, 在我国木材供应和生态安全维护方面发挥着重要的作用。近年来, 不少学者围绕杉木林土壤有机碳和养分积累、微生物动态和土壤腐殖质的组成及性质等问题进行了系统的研究^[7-9], 但对杉木林土壤碳、氮、磷等元素生态

化学计量特征的研究却少见文献, 特别是对杉木林全周期生命过程中土壤碳、氮、磷元素生态化学计量特征的变化规律的研究尚未见报道, 本研究以金洞林场 5 个龄组杉木林为研究对象, 运用生态化学计量学的理论和方法, 分析不同龄组杉木林对土壤碳、氮、磷养分元素含量及其化学计量比的影响, 探讨土壤碳、氮、磷养分元素在杉木林土壤生态系统中的动态平衡过程, 进而为预测杉木林发育过程中土壤养分含量和判断土壤养分限制作用提供理论依据, 同时也为杉木林不同发育阶段制定科学的抚育经营措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

金洞林场位于湖南省永州市祁阳县南部金洞管理区, 地处 26°2'10" ~ 26°21'37"N, 110°53'43" ~ 112°13'37"E, 东靠常宁市, 南抵双牌、宁远、新田、桂阳县, 西临永州市零陵区, 北接祁阳县。东西宽约

①基金项目: 湖南省自然科学基金面上项目(2018JJ2673)、林学重点学科开放基金项目(2016ZD06)、多功能森林经营湖南金洞林场样板基地作业法研究及示范项目(1692017-6)、湖南省教育厅项目(16C1668)、湖南省大学生研究性和创新性实验计划项目(湘教通〔2016〕283号)和中南林业科技大学人才引进项目(2016YJ075)资助。

作者简介: 曹小玉(1977—), 男, 甘肃灵台人, 博士, 副教授, 主要从事森林经理和森林生态方面的研究。E-mail: cxy7723@aliyun.com

33 km, 南北长约 36 km, 总面积 54 840.4 hm²。属中亚热带东南季风气候区, 年平均气温 18 ℃, 极端最高气温 40 ℃, 极端最低气温 -8 ℃, 年降水量 1 600 ~ 1 890 mm, 年蒸发量大约 1 225 mm。每年有效日照时间为 1 617 h, 全年无霜期 260 ~ 344 d, 相对湿度 75% ~ 82%。林区土壤以黄红壤和山地黄壤为主, 海拔 1 000 m 以上为山地黄棕壤, 丘陵地区以红壤为主, 土层厚度一般在 60 cm 以上。全场乔木林蓄积达 2.68 × 10⁶ m³, 其中杉木组的蓄积为 2.66 × 10⁶ m³, 占乔木林蓄积量的 99.2%。研究样地的杉木林都是人工纯林。

1.2 样地设置与土壤样品的采集

于 2016 年 8 月份, 在金洞林场内, 选择立地因子基本一致的杉木幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林设置调查样地, 5 个龄组的杉木林分别设置 3 块 20 m × 30 m 的样地, 一共设置 15 块样地, 样地的基本情况见表 1。在每个样地利用 S 形 5 点取样分层(0 ~ 15、15 ~ 30、30 ~ 45、45 ~ 60 cm)采取土壤样品, 将同一土层的土壤样品除去杂质混合, 然后分层按四分法各取 1 kg 土样, 用于测定土壤有机碳、全氮、全磷。

表 1 样地基本情况
Table 1 Basic information of sampling plots

龄组	样地号	林龄(a)	株数密度(株/hm ²)	平均胸径(cm)	平均树高(m)	郁闭度	坡向	坡度(°)
幼龄林	1	7	2 398	6.9	5.8	0.7	北	19
	2	7	2 367	7.1	6.0	0.7	北	18
	3	7	2 412	6.8	5.9	0.7	北	20
中龄林	1	18	1 848	12.3	13.9	0.9	北	17
	2	18	1 792	13.5	14.5	0.9	北	18
	3	18	1 886	12.9	14.1	0.9	北	21
近熟林	1	23	1 412	16.8	15.7	0.8	北	18
	2	23	1 485	16.3	15.9	0.8	北	18
	3	23	1 516	17.1	16.2	0.8	北	20
成熟林	1	28	1 295	18.9	19.1	0.9	北	19
	2	28	1 236	19.2	20.1	0.9	北	18
	3	28	1 328	18.3	18.9	0.9	北	18
过熟林	1	40	1 068	28.5	22.6	0.9	北	20
	2	40	1 126	27.9	23.2	0.9	北	19
	3	40	1 053	28.3	24.1	0.9	北	19

1.3 土壤样品的测定

采集的土壤样品拿回实验室后, 放到通风、阴凉、干燥处自然风干, 过 0.149 mm 筛, 用于测定土壤有机碳、全氮、全磷含量。有机碳含量采用重铬酸钾氧化-外加加热法测定; 全氮采用半微量凯氏法测定, 全磷采用氢氧化钠碱熔-钼锑抗比色法测定。

1.4 数据处理分析

采用软件 Excel 2010 和 SPSS 19.0 进行数据分析和图表处理。

2 结果与分析

2.1 不同龄组杉木林土壤有机碳、全氮、全磷含量

从表 2 的统计结果看, 5 个龄组杉木林 0 ~ 60 cm 土壤有机碳、全氮、全磷的含量分别为 11.02 ~ 14.74、1.65 ~ 1.84、0.26 ~ 0.35 g/kg, 均值分别为 13.28、1.77、0.30 g/kg, 变异系数都为 0.4 左右。在杉木林从幼龄

林生长发育到过熟林的过程中, 土壤有机碳和全氮的含量随着杉木年龄的增长表现出了先减少后增加再减少的趋势。从幼龄林生长到中龄林阶段, 土壤有机碳和全氮分别减少了 22.34%、10.32%; 从中龄林生长到成熟林阶段, 土壤有机碳和全氮分别增加了 33.76%、10.91%; 从成熟林生长到过熟林阶段, 土壤有机碳和全氮分别减少了 7.39%、2.2%。而全磷表现出先减少后增加的趋势, 从幼龄林生长到中龄林阶段, 土壤全磷减少了 25.71%; 从中龄林生长到过熟林阶段, 土壤全磷增加了 23.07%。方差分析表明, 5 个龄组杉木林的土壤有机碳、全氮和全磷的含量差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 不同龄组杉木林土壤有机碳、全氮、全磷剖面分布

从图 1 可以看出, 在杉木林生长发育的过程中, 杉木幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林和过熟林土壤